



(19)

(11) Publication number:

09331229 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 09053239

(51) Int'l. Cl.: H03H 9/25

(22) Application date: 07.03.97

(30) Priority: 08.03.96 JP 08 51808

(43) Date of application publication: 22.12.97

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: SHIMIZU YASUTAKA  
SANYO ELECTRIC CO LTD(72) Inventor: SHIMIZU YASUTAKA  
NISHIKATA ATSUHIRO  
TOHA SHIGETAKA

(74) Representative:

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT

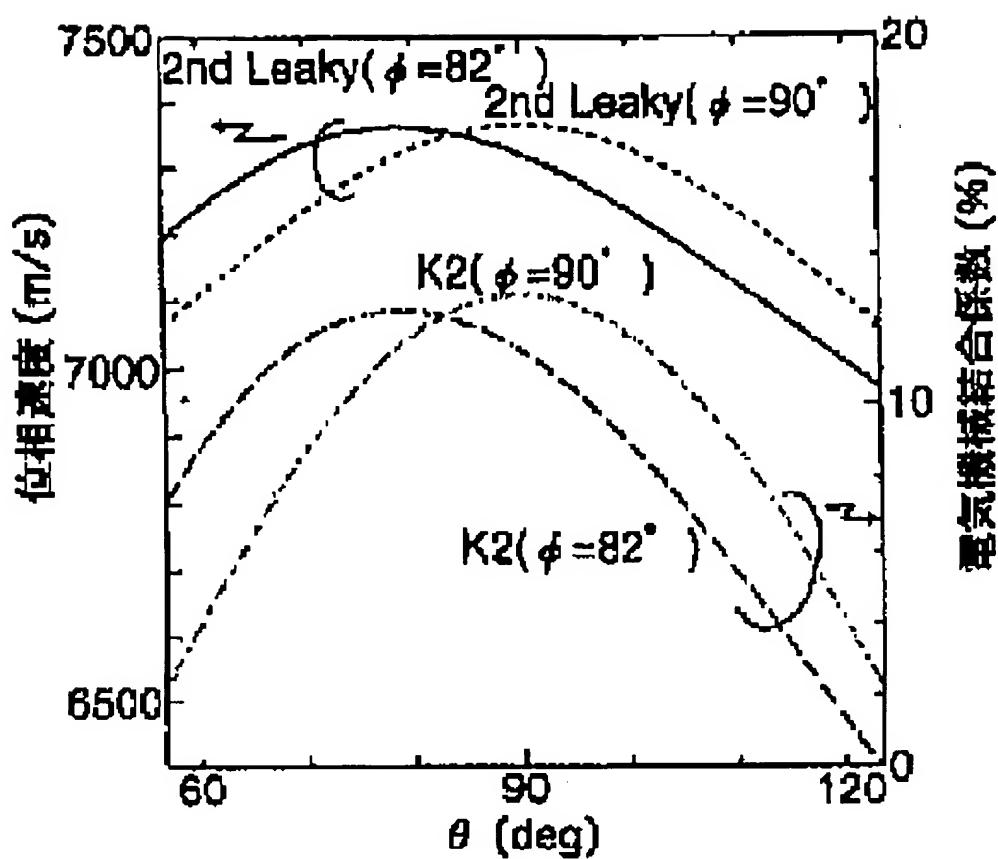
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a high-performance surface acoustic wave element by finding cut faces and the surface acoustic wave propagating direction which are more appropriate than the conventional ones in a lithium niobate substrate and a lithium tantalate substrate.

**SOLUTION:** The cut face and the surface acoustic wave propagating direction of a lithium niobate piezoelectric substrate on which electrodes are formed for propagating surface acoustic waves are set in Euler angle representation ( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ ) and the conditions  $0^\circ \leq \phi \leq 86^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$ , and  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$  within substantially equivalent ranges thereto. Therefore, the propagation loss can be reduced to  $\leq 0.05 \text{dB}/\lambda$  without deteriorating the phase

velocity and electromechanic coupling factor. In addition, by setting the cut face and the surface acoustic wave propagating direction of a lithium tantalate piezoelectric substrate can be reduced to  $\leq 0.005\text{dB}/\lambda$  without deteriorating the phase velocity and the electromechanic coupling factor to  $(\phi, \theta, \psi)$  in Euler angle representation and  $0^\circ \leq \phi \leq 87^\circ$ ,  $80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$ , and  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$  within substantially equivalent ranges thereto.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-331229

(43)公開日 平成9年(1997)12月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 03 H 9/25

識別記号  
7259-5 J

F I  
H 03 H 9/25

技術表示箇所  
C

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平9-53239  
(22)出願日 平成9年(1997)3月7日  
(31)優先権主張番号 特願平8-51808  
(32)優先日 平8(1996)3月8日  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

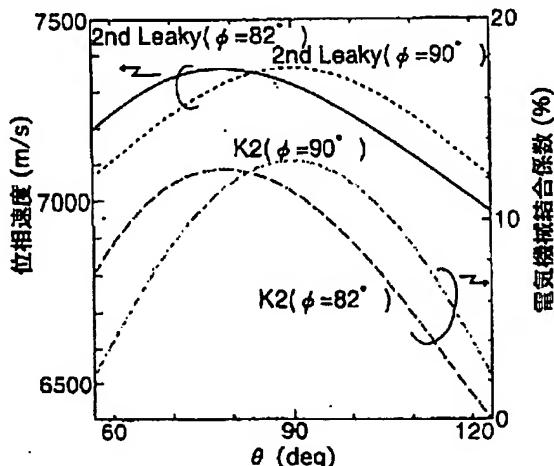
(71)出願人 595065758  
清水 康敬  
東京都世田谷区梅丘3丁目1番10号  
(71)出願人 000001889  
三洋電機株式会社  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号  
(72)発明者 清水 康敬  
東京都世田谷区梅丘3丁目1番10号  
(72)発明者 西方 敦博  
東京都世田谷区給田2丁目21番10号  
(72)発明者 當波 茂孝  
富山県富山市曙町3丁目10番  
(74)代理人 弁理士 安富 耕二 (外1名)

(54)【発明の名称】 弾性表面波素子

(57)【要約】

【目的】 ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板において、従来よりも適切なカット面及び弾性表面波伝搬方向を見出し、これによって高性能の弾性表面波素子を提供する。

【構成】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板については、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $0^\circ \leq \phi \leq 86^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 18^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(φ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、これらφ, θ及びψを夫々、

$$0^\circ \leq \phi \leq 86^\circ$$

$$73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項2】 前記圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、

$$95^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$$

$$73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする請求項1に記載の弾性表面波素子。

【請求項3】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(φ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、これらφ, θ及びψを夫々、

$$0^\circ \leq \phi \leq 83^\circ$$

$$83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項4】 前記圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、

$$98^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$$

$$83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする請求項3に記載の弾性表面波素子。

【請求項5】 タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(φ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、これらφ, θ及びψを夫々、

$$0^\circ \leq \phi \leq 87^\circ$$

$$80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項6】 前記圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、

$$91^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$$

$$80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする請求項5に記載の弾性表面波素子。

【請求項7】 タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(φ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、これらφ, θ及びψを夫々、

$$0^\circ \leq \phi \leq 85^\circ$$

$$87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項8】 前記圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、

$$93^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$$

$$87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$$

の範囲に設定したことを特徴とする請求項7に記載の弾性表面波素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ニオブ酸リチウム或いはタンタル酸リチウムを圧電材料とする弾性表面波素子の技術分野に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 携帯用電話機等の通信機器においては、共振器フィルター、信号処理用遅延線等の回路素子として、弾性表面波素子が広く応用されている。弾性表面波素子は、例えば圧電性を有する基板の表面に簾状の電極や格子状の反射器を形成し、電気信号と弾性表面波の相互の変換を行なうものである。

【0003】 一般に、弾性表面波素子の圧電基板に於いては、電気機械結合係数が大きいこと、伝搬損失が小さいこと等が要求される。

【0004】 ところで、近年の通信機器の高周波化に伴って、ギガヘルツ帯で使用可能な弾性表面波素子へのニーズが高まっている。弾性表面波素子の中心周波数  $f_0$  は、弾性表面波の伝搬速度  $V$  と電極指周期  $L$  (=波長  $\lambda$ ) との関係で、次式によって表わされる。

## 【0005】

## 【数1】

$$f_0 = V / L$$

【0006】 従って、弾性表面波素子の高周波化に対応するには、より高い伝搬速度(位相速度)  $V$  が得られる圧電基板を開発する必要がある。これには、ダイヤモンドの様な硬質の基板材料を用いる方法と、所謂漏洩弾性表面波を利用する方法がある。

【0007】 特に後者の漏洩弾性表面波は、弾性体の深さ方向にエネルギーを放射しながら表面を伝搬する弾性

波であって、使用する弾性体の表面のカット面や弾性表面波伝搬方向を適切に選択することによって、伝搬損失を小さくし、更に、レイリー(Rayleigh)波よりも高い伝搬速度を実現することが可能である。

【0008】この種の漏洩弾性表面波を用いた弾性表面波素子としては、水晶LSTカット、ニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )の $41^\circ$ Y-Xカット、 $64^\circ$ Y-Xカット、及びタンタル酸リチウム( $\text{LiTaO}_3$ )の $36^\circ$ Y-Xカットが知られている(清水康敬「弾性表面波材料の伝搬物性と利用の現状」電子情報通信学会論文誌A Vol.1.J76-A,2,pp129-137,1993)。

【0009】又、四硼酸リチウム( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )基板においては、速い横波の位相速度を超える漏洩弾性表面波が報告されている(佐藤隆裕、阿部秀典「四硼酸リチウム基板を伝搬する縦波型リーキー波」学術振150委員会第39回研究会資料(6.6.23))。この漏洩弾性表面波の位相速度は、縦波の位相速度に近いので縦波型リーキー波と呼ばれている。

【0010】更に、任意のカット面を有するニオブ酸リチウム基板を伝搬する漏洩弾性表面波については既に報告されている(清水康敬、村上享司「 $\text{LiNbO}_3$ 基板漏洩弾性表面波の特性と新カット」Vol.J69-C,10,pp1309-1318,1986)。

【0011】近年、ここにきて従来にあっては、タンタル酸リチウム基板およびニオブ酸リチウム基板で得られる位相速度が精々約 $4400\text{m/s}$ であったものが、約 $7000\text{m/s}$ を越える位相速度が得られるような従来よりも良好なカット面及び弾性表面波伝搬方向を本願発明者等は見出し、従来よりも高性能な弾性表面波素子を提案している(第15回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウムp.185(平成6年11月29日))。

【0012】本発明者等が提案する漏洩弾性表面波は、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板における漏洩弾性表面波の伝搬特性を、カット面及び弾性表面波伝搬方向を種々に変えることによって理論的に研究した結果によるもので、2つのタイプの漏洩弾性表面波、つまり速い横波と速い横波との間の位相速度を持つ第1漏洩表面波(First Leaky Wave)と、速い横波を越える位相速度を持つ第2漏洩表面波(Second Leaky Wave)を見出したものである。

【0013】ここで、本願発明を説明するに先立って、すでに発明者等が提案しているこれら漏洩表面波のうち本願発明との特性面での比較が可能な第2漏洩表面波について簡単に説明すると、まず第1には、タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成した弾性表面波素子であって、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、右手系のオイラー角表示で( $\phi, \theta, \psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $\phi$ を $90^\circ$ 、 $\theta$ を $90^\circ$ 、 $\psi$ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲としたものであ

る。

【0014】そして、第2には、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものにあっては、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で( $\phi, \theta, \psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $\phi$ を $90^\circ$ 、 $\theta$ を $90^\circ$ 、 $\psi$ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定したものである。

【0015】但し、ここで使用するカット面及び弾性表面波伝搬方向を特定するためのオイラー角( $\phi, \theta, \psi$ )については、図9で示す如く結晶軸をX、Y、Zとするとき、Z軸を中心としてX軸をY軸側へ角度 $\psi$ だけ回転させて、これをA1軸とし、次にA1軸を中心としてZ軸を反時計回りに角度 $\theta$ だけ回転させ、これをA2軸とする。このA2軸を法線としてA1軸を含む面方位でカットし、基板とする。そして、該面方位にカットした基板において、A2軸を中心としてA1軸を反時計回りに角度 $\psi$ だけ回転させた軸をA3軸とし、このA3軸を弾性表面波伝搬方向とする。斯る関係をカット面及び弾性表面波伝搬方向をオイラー角( $\phi, \theta, \psi$ )と表示している。

【0016】図10及び図11は、前記第1のタンタル酸リチウム基板の( $90^\circ, 90^\circ, \psi$ )カットにおいて、表面が電気的開放及び電気的短絡の各場合における第2漏洩表面波の伝搬特性を角度 $\psi$ の関数として表わしたもので、図10に示す様に、第2漏洩表面波の位相速度は、表面が開放、短絡の何れの場合にも約 $6000\text{m/s}$ と、レイリー波の約2倍の高い位相速度を有し、縦波(Longitudinal)の位相速度に非常に近くなっている。

【0017】更に、図11によれば、電気機械結合係数及び1波長当たりの伝搬損失を表わしている。図示の如く、 $\psi$ が $31^\circ$ にて、電気機械結合係数 $K^2$ は最大値 $2.14\%$ となっている。又、表面が電気的開放の場合における伝搬損失は、電気的短絡の場合における伝搬損失よりも非常に小さい。そして、表面が開放及び短絡の両場合において、伝搬損失は、 $\psi$ が $164^\circ$ にて略零となっている。

【0018】また、一方、前記第2のニオブ酸リチウム基板の( $90^\circ, 90^\circ, \psi$ )カットにおいて、表面が電気的開放及び電気的短絡の各場合における第2漏洩表面波の伝搬特性を角度 $\psi$ の関数として表わしたもののが図12及び図13である。

【0019】これらが示す様に、第2漏洩表面波の位相速度は約 $7000\text{m/s}$ と、極めて高速であり、レイリー波の位相速度の約2倍となり、又その一方で第2漏洩弾性表面波の位相速度は、電気的開放の場合と電気的短絡の場合で異なる変化を示しており、 $\psi$ が $37^\circ$ では約 $500\text{m/s}$ の違いがあり、この結果、大きな機械電気結合係数が得られる。

【0020】尚、前述した第2の弾性表面波、及び後

述する本願発明においても、弾性表面波素子の特性評価方法としては、従来から知られている一般的な解法(例えば、J.J.Campbell, W.R.Jones, "A Method for Estimating Optimal Crystal Cuts and Propagation Directions for Excitation of Piezoelectric Surface Waves", IEEE transaction on Sonics and Ultrasonics, vol.SU-15, No.4, pp209-217, (1968)参照)を採用し、コンピュータシミュレーションによって、位相速度、電気機械結合係数及び伝搬損失を算出した。

【0021】そして又、本願発明にあっても、最適なカット面及び弾性表面波伝搬方向については、実際に弾性表面波素子を試作して、その特性を実測したところ、シミュレーション結果と符合する測定値が得られた。これによって、コンピュータシミュレーションの妥当性が裏付けられる。

#### 【0022】

【発明が解決しようとする課題】然しそら、本発明者等は、これら第2弾性表面波には、更に高い位相速度であって、且つ伝搬損失の少なく、然も大きな電気機械結合係数が得られる最適なカット面及び弾性表面波伝搬方向が存在する可能性があるものと、鋭意研究の結果、これを発明したものである。

【0023】本発明の目的は、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板において、これまでよりもより適切なカット面及び弾性表面波伝搬方向を見出し、これによって高性能の弾性表面波素子を提供することである。

#### 【0024】

【課題を解決するための手段】本発明における第1の弾性表面波素子は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものであって、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、右手系のオイラー角表示で( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $0^\circ \leq \phi \leq 86^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定し、更には $95^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定する。

【0025】更に、前記オイラー角表示で $0^\circ \leq \phi \leq 83^\circ$ ,  $83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$ に設定し、具体的には、 $98^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$ に設定する。

【0026】本発明に係る第2の弾性表面波素子は、タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものであって、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $0^\circ \leq \phi \leq 87^\circ$ ,  $80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定したことを特徴とする。

【0027】より具体的には、前記圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、 $91^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $80^\circ \leq \theta \leq 129^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定する。

【0028】更に、前記オイラー角表示で、 $0^\circ \leq \phi \leq 85^\circ$ ,  $87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$ としたことであり、より具体的には、 $93^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$ に設定したことがある。

#### 【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態につき、図面に沿って詳述する。

【0030】ニオブ酸リチウム基板における第1漏洩弾性表面波図1は及び図2は、 $\text{LiNbO}_3$ 基板( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $37^\circ$ )カットにおいて、 $\psi$ が $82^\circ$ 及び $90^\circ$ 夫々の場合において、 $\theta$ を変化させたときの第2漏洩弾性表面波の伝搬特性である。

【0031】図1は、 $\theta$ に対する位相速度及び電気機械結合係数 $K^2$ を、図2は、 $\theta$ に対する伝搬損失を示している。

【0032】これら図によれば、 $\psi$ をパラメータとして $90^\circ$ から $82^\circ$ へと変化させると、伝搬特性は連続的に変化し推移するものの、更に $\psi$ が $82^\circ$ を下回ると第2漏洩弾性表面波は存在しなくなる。これは、本願発明が利用せんとする第2漏洩弾性表面波とは異なったモードに変化するためであり、コンピュータシミュレーション上では、解が存在しないとして現れる。

【0033】従って、図2から、 $\psi$ を $37^\circ$ とした場合にあっては、 $\psi$ が $82^\circ$ とした場合、 $\theta$ の広い範囲でもっとも伝搬損失を低減させることができ可能であり、とりわけ $\theta$ が $92^\circ$ 付近にあっては最も伝搬損失が小さくなることが分かる。

【0034】即ち、伝搬損失として、 $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件を満たすものとしては、 $\theta$ は、 $73^\circ$ 以上 $1.18^\circ$ 以下とすることが好ましいことが分かる。更に、好適なものとしては、 $0.02 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件とする場合としては、 $\theta$ は、 $83^\circ$ 以上 $105^\circ$ 以下とすることが好ましいことが分かる。

【0035】斯る伝搬特性を考慮して、 $\theta$ を $92^\circ$ 、 $\psi$ を $37^\circ$ として、即ち $\text{LiNbO}_3$ 基板( $\phi$ ,  $92^\circ$ ,  $37^\circ$ )カットにおいて、 $\psi$ を変化させた場合の伝搬損失特性を示したのが図3である。同図によれば、 $\psi$ を $70^\circ$ から $110^\circ$ まで変化させると、約 $80^\circ$ 以下と約 $100^\circ$ 以上においては損失はないものの、約 $80^\circ$ 以上約 $100^\circ$ 以下では $\psi$ が $91^\circ$ で最大値となるような伝搬損失を示すことが分かる。

【0036】従って、同図から伝搬損失として、 $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件を満たすものとしては、 $\psi$ は、 $86^\circ$ 以下または $96^\circ$ 以上とすることが好ましいことが分かる。更に、好適なものとしては、 $0.02 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件とする場合としては、 $\psi$ は、 $83^\circ$ 以下または $98^\circ$ 以上とすることが好ましいことが分かる。

【0037】以上の特性を考慮して、次に $\text{LiNbO}_3$ 基板( $82^\circ$ ,  $92^\circ$ ,  $\psi$ )カットにおいて、 $\psi$ を変化

させた場合の伝搬損失特性を示したのが図4である。同図によれば、伝搬損失は $\vartheta$ を $30^\circ$ から $60^\circ$ まで変化させるにつれて、 $\vartheta$ が約 $35^\circ$ となる近傍から単調に増加することが分かる。

【0038】従って、同図によれば、伝搬損失が $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる条件を満たすものとしては、 $\vartheta$ は、 $44^\circ$ 以下とすることが好ましく、更に、好適な伝搬損失が $0.02 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる場合としては、 $\vartheta$ は、 $38^\circ$ 以下とすることが好ましい。

＜タンタル酸リチウム基板における第2漏洩弹性表面波＞図5は、 $\text{LiTaO}_3$ 基板( $85^\circ, \vartheta, 31^\circ$ )カットにおいて、 $\vartheta$ を変化させた場合の伝搬損失特性を示したものである。同図によれば、伝搬損失は、 $\vartheta$ が $60^\circ$ から $90^\circ$ 近辺にまで増加するにつれて漸次減少し、 $90^\circ$ 以上 $110^\circ$ 以下では伝搬損失がゼロを示している。そして、 $110^\circ$ 以上では損失の増加傾向を示している。同図には $\vartheta$ をパラメータとして変化させた場合の伝搬損失の変化を示しており、ニオブ酸リチウムと同様に連続的に変化していることが分かる。

【0039】従って、同図によれば、伝搬損失が $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる条件としては、 $\vartheta$ が $80^\circ$ 以上 $120^\circ$ 以下とするのが好ましく、より好ましい $0.02 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる条件としては、 $\vartheta$ が $87^\circ$ 以上 $114^\circ$ 以下の範囲に設定することが好ましい。

【0040】斯様な伝搬特性を考慮して、 $\vartheta$ を $91^\circ$ 、 $\vartheta$ を $31^\circ$ として、即ち $\text{LiTaO}_3$ 基板( $\vartheta, 91^\circ, 31^\circ$ )カットにおいて、 $\vartheta$ を $80^\circ$ から $100^\circ$ まで変化させたものが図6である。同図によれば、 $\vartheta$ が約 $83^\circ$ 以上約 $95^\circ$ 以下の範囲では、約 $89^\circ$ で最大となる伝搬損失特性を呈することが分かる。

【0041】従って、伝搬損失として、 $0.005 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件を満たすには、 $\vartheta$ は、 $87^\circ$ 以下または $91^\circ$ 以上とすることが好ましいことが分かる。更に、好適な $0.002 \text{ dB}/\lambda$ 以下の条件とする場合としては、 $\vartheta$ は、 $85^\circ$ 以下または $93^\circ$ 以上とすることが好ましい。

【0042】斯る特性を考慮し、次に $\text{LiTaO}_3$ 基板( $85^\circ, 91^\circ, \vartheta$ )カットにおいて、 $\vartheta$ を $20^\circ$ から $60^\circ$ まで変化させた場合の伝搬損失特性を示したのが図7である。同図は、伝搬損失が $\vartheta$ が約 $30^\circ$ 近傍から単調に増加することを示しており、伝搬損失が $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる条件を満たすものとしては、 $\vartheta$ は、 $44^\circ$ 以下とすることが好ましく、更に、好適な伝搬損失が $0.002 \text{ dB}/\lambda$ 以下となる場合としては、 $\vartheta$ は、 $36^\circ$ 以下とすることが好ましい。

【0043】本願発明と、前述した本発明者等が提案した第2漏洩表面波とを比較したのが表1である。同表には、本願発明の $\text{LiNbO}_3$ の伝搬特性の代表値として、( $82^\circ, 92^\circ, 37^\circ$ )カットにおける特性と、すでに提案した( $90^\circ, 90^\circ, 37^\circ$ )カットの特性を示している。これに示すように、位相速度及び電気機械結合係数の値は、殆ど同程度であるものの、伝搬損失は本願発明では20分の1と小さくなっている。また同表には、TCD(遅延特性の温度特性)及びPFA(パワーフローアル)についても併せて示しているが、いずれも本願発明は同程度の値であり、他の特性を劣化させることなく、伝搬損失を低減することができていることが分かる。

【0044】

【表1】

	本発明	従来例
カット方位	( $82^\circ, 92^\circ, 37^\circ$ )	( $90^\circ, 90^\circ, 37^\circ$ )
伝搬損失 (dB/λ)	0.00362	0.06447
位相速度 (m/s)	7304.99087	7366.02862
$K^2$ (%)	10.924	12.906
TCD (ppm/°C)	68.4119	68.2473
PFA (°)	1.665	-0.096

【0045】因みに、図8は、同表に示したTCD及びPFAについての $\vartheta$ との関係を示したものであり、TCDに関しては、 $\vartheta$ が $85^\circ$ 近傍で、極小値(約 $68 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ )を持ち、PFAにあっては、 $\vartheta$ が $60^\circ$ から $75^\circ$ 近傍まで、ほぼゼロの値を保ち、 $75^\circ$ 以上では、ゆるやかに増加傾向を示す。

【0046】尚、図1乃至図8に示す特性は、コンピュータシミュレーションによるものであるが、本実施例で

採用した前述の特性評価手法に、例えば弹性表面波素子のモデル化に伴う多少の誤差があったとしても、その誤差は図1乃至図8のグラフの横軸方向には殆ど発生しないと考えられる。然も、本発明に係る第2漏洩表面波と従来のレイリー波とを比較する上では、両者に同じ大きさの誤差が含まれるから、上述の比較結果に影響はないと言える。

【0047】上述の如く、本発明では、ニオブ酸リチウ

ム基板及びタンタル酸リチウム基板における第2漏洩表面波を理論的に研究した結果、これらの基板について夫々、最適なカット面及び弾性表面波伝搬方向を見出し、これによって、伝搬損失が小さく且つ高い周波数帯域に対応可能な弾性表面波素子を完成した。

【0048】このように、本発明の第1の弾性表面波素子に於いては、ニオブ酸リチウム基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $0^\circ \leq \phi \leq 86^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定することにより、又 $95^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $73^\circ \leq \theta \leq 118^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定することにより、従来と比べ、位相速度や電気機械結合係数を劣化させることなく、伝搬損失を $0.05 \text{ dB}/\lambda$ 以下とすることができます、さらに $0^\circ \leq \phi \leq 83^\circ$ ,  $83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$ に設定することにより、又 $98^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $83^\circ \leq \theta \leq 105^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 38^\circ$ に設定することにより、従来と比べ、位相速度や電気機械結合係数を劣化させることなく、伝搬損失を $0.02 \text{ dB}/\lambda$ 以下とすることができます。

【0049】上記第2の弾性表面波素子に於いては、タンタル酸リチウム基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 $0^\circ \leq \phi \leq 87^\circ$ ,  $80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定することにより、又 $91^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $80^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 44^\circ$ に設定することにより、従来と比べ、位相速度や電気機械結合係数を劣化させることなく、伝搬損失を $0.005 \text{ dB}/\lambda$ 以下とすることができます、さらに $0^\circ \leq \phi \leq 85^\circ$ ,  $87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$ に設定することにより、又 $93^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ ,  $87^\circ \leq \theta \leq 114^\circ$ ,  $0^\circ \leq \psi \leq 36^\circ$ に設定することにより、従来と比べ、位相速度や電気機械結合係数を劣化させることなく、伝搬損失を $0.002 \text{ dB}/\lambda$ 以下とすることができます。

【0050】上記実施例の説明は、本発明を説明するためのものであって、特許請求の範囲に記載の発明を限定し、或は範囲を縮減する様に解すべきではない。又、本発明の各部構成は上記実施例に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能であることは勿論である。

### 【0051】

【発明の効果】本発明によれば、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板においてカット面及び弾性表面波伝搬方向が適切に設定されて、高い位相速度と大きな電気機械結合係数を保持したままで、伝搬損失を十分に低減させることができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $37^\circ$ )カットのニオブ酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の位相速度及び電気機械結合係数についての特性を表わす特性図である。

【図2】( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $37^\circ$ )カットのニオブ酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\theta$ 依存性を示す特性図である。

【図3】( $\phi$ ,  $92^\circ$ ,  $37^\circ$ )カットのニオブ酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\phi$ 依存性を示す特性図である。

【図4】( $82^\circ$ ,  $92^\circ$ ,  $\psi$ )カットのニオブ酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\psi$ 依存性を示す特性図である。

【図5】( $85^\circ$ ,  $\theta$ ,  $31^\circ$ )カットのタンタル酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\theta$ 依存性を示す特性図である。

【図6】( $\phi$ ,  $91^\circ$ ,  $31^\circ$ )カットのタンタル酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\phi$ 依存性を示す特性図である。

【図7】( $85^\circ$ ,  $91^\circ$ ,  $\psi$ )カットのタンタル酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\psi$ 依存性を示す特性図である。

【図8】PFA及びTCDの $\theta$ に対する依存性を示す特性図である。

【図9】オイラー角表示を説明する図である。

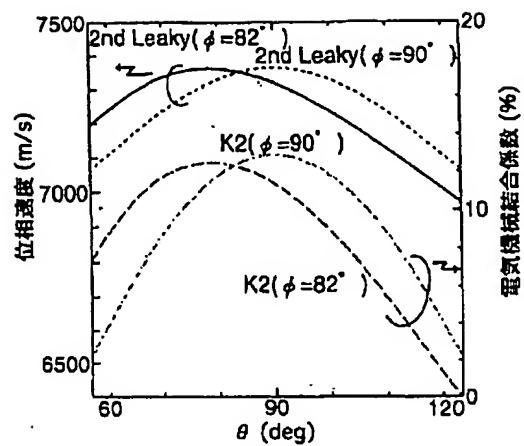
【図10】( $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $\psi$ )カットのタンタル酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\psi$ 依存性を示す特性図である。

【図11】同上の電気機械結合係数及び伝搬損失についての特性を表す特性図である。

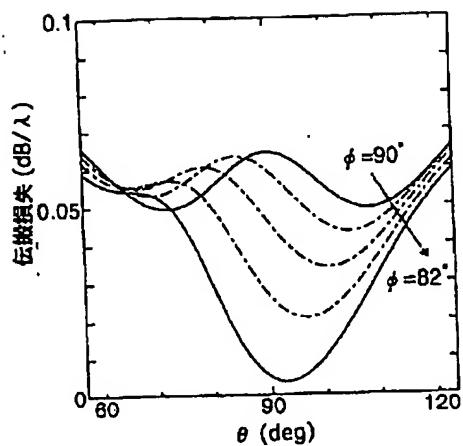
【図12】( $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $\psi$ )カットのニオブ酸リチウム基板を有する弾性表面波素子の伝搬損失の $\psi$ 依存性を示す特性図である。

【図13】同上の電気機械結合係数及び伝搬損失についての特性を示す特性図である。

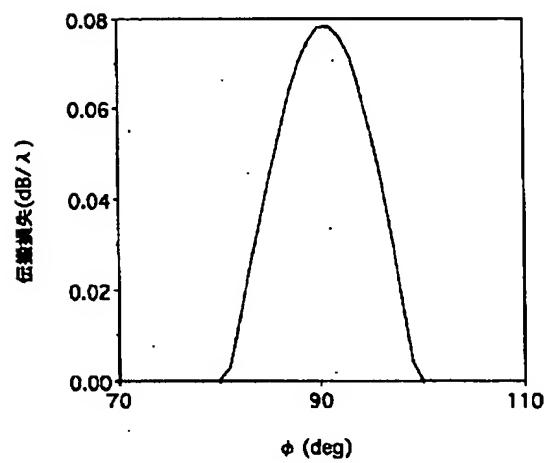
【図1】



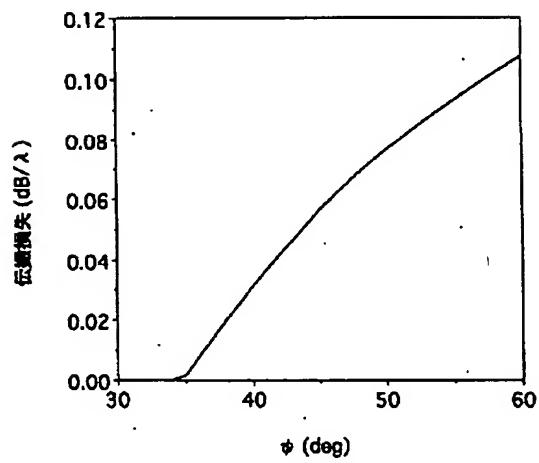
【図2】



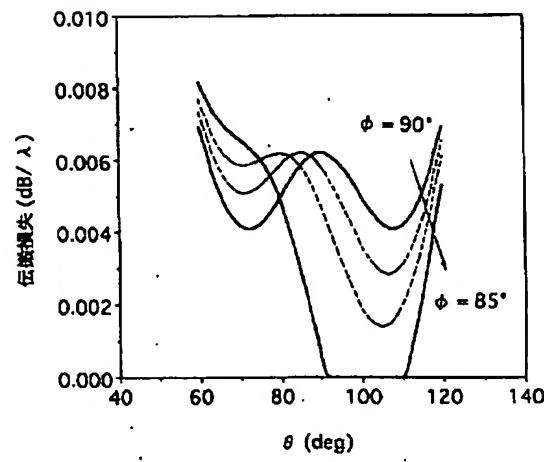
【図3】



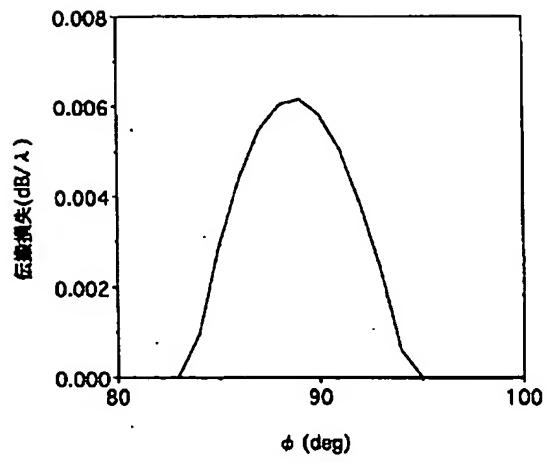
【図4】



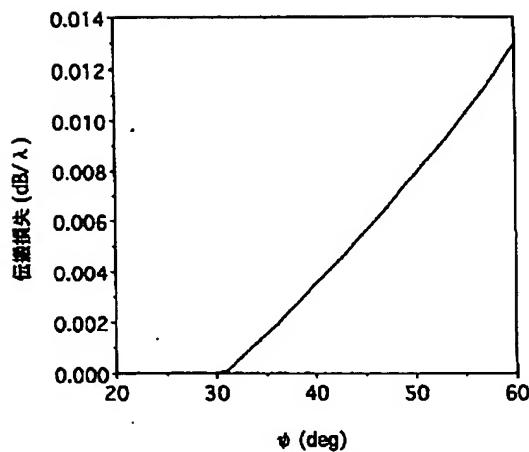
【図5】



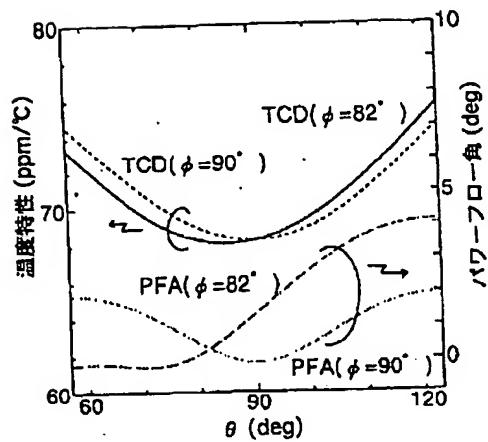
【図6】



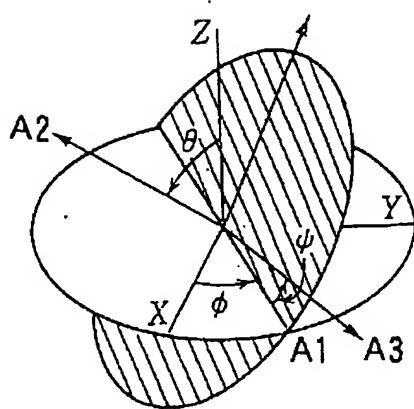
【図7】



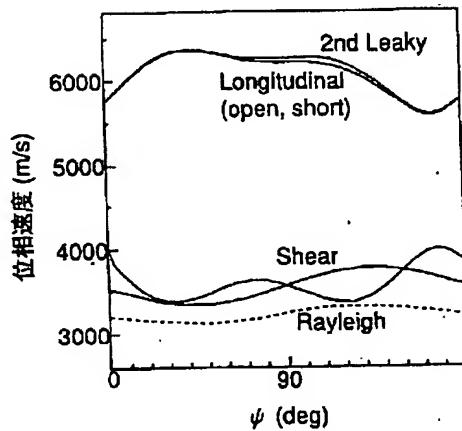
【図8】



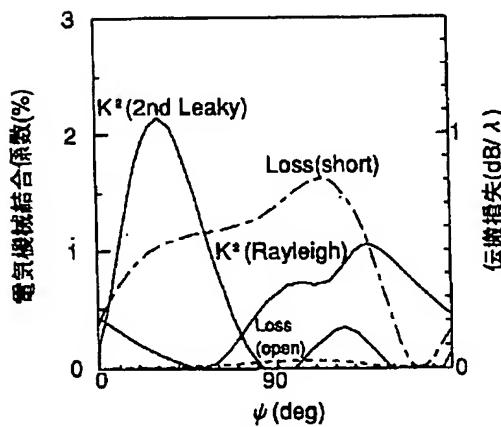
【図9】



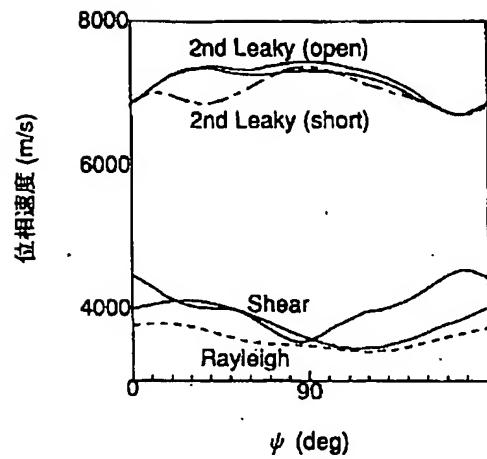
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

